

Blinklichter am Triebfahrzeug verbessern die Erkennung von Zügen

Das Projekt SAFER-LC liefert neue Erkenntnisse zum Potenzial zusätzlicher Lichtquellen am Zug zur Vermeidung von Unfällen an Bahnübergängen.

ANNIKA DRESSLER | JAN GRIPPENKOVEN |
ANNE SILLA | ARI VIRTANEN

An Bahnübergängen (BÜ) ohne technische Sicherung besteht eine hauptsächliche Unfallursache darin, dass Straßennutzer vor der Überquerung nicht ausreichend nach Zügen Ausschau halten. Durch Maßnahmen, die das Entdecken herannahender Züge erleichtern, können solche Unfälle vermieden werden. Im europäischen Projekt SAFER-LC wurden Blinklichter zur Ergänzung des Dreilicht-Spitzensignals daraufhin getestet, wie sie auf die Aufmerksamkeit und Geschwindigkeitswahl von Straßenverkehrsteilnehmenden in der Annäherung an BÜ wirken – mit aussichtsreichen Ergebnissen.

Unfälle an Bahnübergängen

Mit Blick auf schwere Unfälle im Eisenbahnverkehr sind BÜ über die Jahre ein stetiger Hotspot. In Europa kam statistisch betrachtet in den letzten Jahren nahezu ein Mensch pro Tag an BÜ ums Leben. Neben den Schäden durch Todesfälle und Verletzungen verursachen BÜ-Unfälle erhebliche Kosten durch Material- und Umweltschäden sowie Störungen des Eisenbahnbetriebs [1]. In Deutschland wurden im Jahr 2018 insgesamt 146 BÜ-Unfälle verzeichnet, wobei in dieser Zählung Unfälle außerhalb des Netzbereichs der DB noch nicht berücksichtigt sind. Mehr als die Hälfte der Unfälle ereignete sich an BÜ ohne technische Sicherung [2].

BÜ-Unfälle entstehen in der übergroßen Mehrheit der Fälle dadurch, dass sich Straßenverkehrsteilnehmer nicht erwartungsgemäß oder regelkonform verhalten. Wenn jedoch mit Unachtsamkeit, Unwissen über Regeln oder deren bewusster Übertretung die Ursachen allein im Verantwortungsbereich der Straßenverkehrsteilnehmer gesucht werden, wird übersehen, dass durch die große Vielfalt an Gestaltungsvarianten von BÜ sehr unterschiedliche und teils komplexe Anforderungen bezüglich des richtigen Verhaltens gestellt werden [3]. In dem kürzlich abgeschlossenen europäischen Projekt SAFER-LC¹ (<https://safer-lc.eu/>) drehte sich alles um die Entwicklung technischer und menschenzentrierter Lösungen zur Erhöhung der Sicherheit an BÜ. Unter anderem wurden Möglichkeiten getestet, wie durch die Berücksichtigung der Anforderungen und Bedürfnisse von Straßennutzern BÜ selbsterklärender und fehlertoleranter gestaltet werden können (<https://toolbox.safer-lc.eu/>). Ein Fokus lag dabei auf nicht technisch gesicherten BÜ, die bezüglich des richtigen Verhaltens besondere Anforderungen stellen.

Überqueren ohne zu schauen

An nicht technisch gesicherten BÜ ist die Sichtprüfung vor der Überquerung essenziell. Hier müssen Verkehrsteilnehmende zur Kenntnis

nehmen, dass keine technische Sicherungsvorrichtung sie aktiv darauf hinweist, wenn ein Schienenfahrzeug herannäht, und ihre Sicherheit proaktiv durch ihr eigenes Verhalten gewährleisten. Neben dem Blickverhalten – dem aktiven Ausschauhhalten nach einem Zug – spielt hierbei die Geschwindigkeitswahl eine Rolle, da ein zu hohes Tempo auch bei erfolgter Sichtprüfung zur Folge haben kann, dass nach der Entdeckung eines Schienenfahrzeugs nicht rechtzeitig gebremst werden kann [4]. Die empirischen Daten aus nationalen und internationalen Untersuchungen zeigen weitestgehend übereinstimmend auf, dass viele Verkehrsteilnehmende keine ausreichende Sichtprüfung durchführen. In einer Reihe von Untersuchungen mit verschiedenen Methoden und in unterschiedlichen Zeiträumen wurde festgestellt, dass der Anteil der Autofahrenden, die in der Zufahrt auf einen nicht technisch gesicherten BÜ eine vollständige Sichtprüfung durchführen, lediglich zwischen 29,2% und 40% lag [4 – 9]. Die Fahraufgabe selbst begünstigt eine Fokussierung der Aufmerksamkeit in Richtung der eigenen Bewegung [10]. An nicht technisch gesicherten BÜ ist das Ausbleiben der Sichtprüfung länderübergreifend als sicherheitskritisch zu beurteilen [11]. Vor diesem Hintergrund liegt die Idee nahe, eine zusätzliche Sicherheitsebene zu schaffen, indem Züge so gestaltet werden, dass sie sich gut vom Hintergrund abheben und im besten Fall bereits an den Rändern des Gesichtsfeldes entdeckt werden. Unter den hierfür denkbaren visuellen Gestaltungsmerkmalen erscheinen blinkende Lichter besonders geeignet [12].

¹ SAFER-LC (Safer Level Crossing by Integrating and Optimizing Road Rail Infrastructure Management and Design) wurde finanziert im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizont 2020 der Europäischen Union unter der Fördernr. 723205.

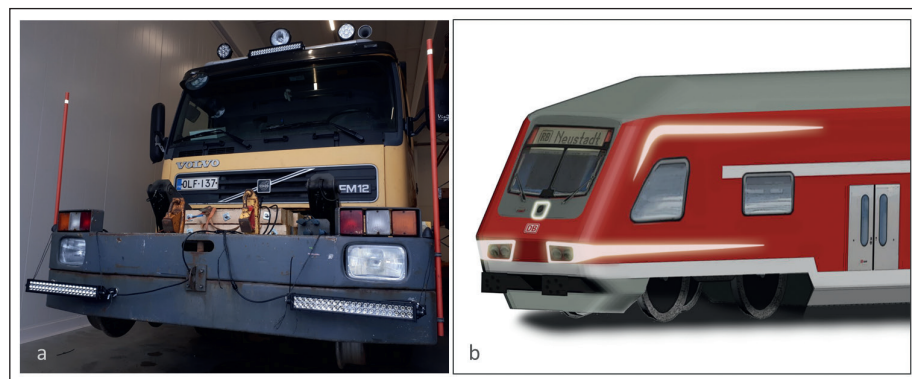


Abb. 1: (a) Installation des Prototyps auf dem Testfahrzeug: Die Anordnung der drei lichtstarken LED-Blinkleuchten folgt der Form des Dreilicht-Spitzensignals. (b) Das für den Test im Fahrsimulator (s. u.) gestaltete Zugmodell mit Blinklichtern

Quelle: VTT und DLR

Vorhandene Erkenntnisse aus der Erprobung blinkender Lichter am Zug

In den USA und Australien wurden bereits in der Vergangenheit verschiedene Alternativen untersucht, mit denen die Sichtbarkeit von Lokomotiven erhöht werden kann. Carroll, Multer und Markos [13] testeten die Sichtbarkeitsänderung für drei verschiedene Warnlichtsysteme im Vergleich zu regulären Frontscheinwerfern an Lokomotiven, darunter das Kreuzungslicht (crossing light), ein Scheinwerfertyp, der während der Annäherung des Schienenfahrzeuges an den BÜ blinkt; ein ergänzendes Fernlichtsystem (ditch light), bestehend aus einem lichtstarken Scheinwerfer im Dauerlichtbetrieb, sowie Stroboskope (strobe lights), reinweiße, lichtstar-

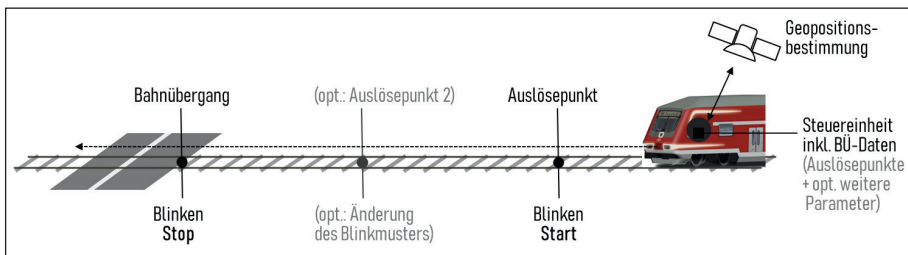


Abb. 2: Funktionsprinzip der automatischen Auslösung des Zugblinklichts an BÜ

Quelle: VTT, übersetzt durch DLR

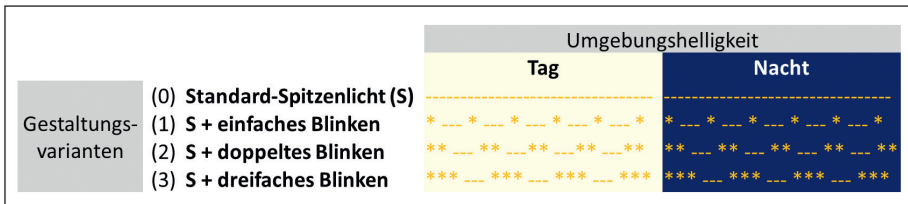


Abb. 3: Gestaltungsvarianten des Blinklichts und Umgebungsbedingungen im Test

Quelle: DLR, nach VTT

ke und hochfrequent pulsierende Lichtquellen am Triebfahrzeug. Auch Cairney [14] schlägt in seinem Sicherheitsbericht mit der Verwendung von Stroboskoplichtern an Schienenfahrzeugen einen vergleichbaren Ansatz vor. Alle drei untersuchten Systeme wurden als vorteilhaft für die Detektierbarkeit des Schienenfahrzeugs bewertet.

Ein zentrales Problem im Einsatz zusätzlicher Lichtquellen, das den flächendeckenden Einsatz in der Vergangenheit erschwerte, ergab sich durch die Empfindlichkeit bestimmter Leuchtmittel, vor allem beim Einsatz in wechselnden Temperaturbereichen. Dank moderner LED-Technik besteht dieses Problem jedoch nicht mehr. LED sind robust, langlebig und auch bei niedrigen Temperaturen gut einsetzbar. Malzacher et al. [15] greifen LED in ihrer Designstudie, dem „Next Generation Train (NGT) – Cargo“, auf und sehen als Gestaltungselement einen LED-Streifen vor, der seitlich entlang des gesamten Zuges verläuft. Perspektivisch erscheint der Einsatz zusätzlicher Lichtquellen im Sinne einer besseren Detektierbarkeit auch an Lokomotiven vielversprechend. Wichtig ist es dabei gestalterische Randbedingungen

einzuhalten, zum Beispiel in Bezug auf das Dreieck-Spitzenlicht Zg 1 (gem. ESO bzw. TSI LOC&PAS EU (VO) 1302/2014), das in seiner Konfiguration beibehalten werden muss, um unter allen Witterungsbedingungen auch auf Entfernung ein Schienenfahrzeug identifizierbar zu machen.

Untersuchungen im Projekt SAFER-LC

Aufbau eines Prototyps

Für die Erprobung eines Blinklichtsystems in einer realen Umgebung wurde am Technischen Forschungszentrum Finnland (VTT) ein Prototyp entwickelt [16]. Kernstück sind drei LED-Lichtquellen mit einem Lichtstrom von je 10000 Lumen und einer Leuchtweite von bis zu 800 m. Diese sind mit einer Steuereinheit an Bord des Schienenfahrzeugs verbunden. Abbildung 1a zeigt, wie die zusätzlichen Lichter unter Berücksichtigung der vorgeschriebenen Dreiecksanordnung an einem Testfahrzeug installiert wurden. Eine technische Möglichkeit zur Umsetzung der automatischen Aktivierung und Deaktivierung des Systems ist in Abb. 2 dargestellt. Die Steuereinheit greift hierbei auf eine Datenbasis zurück, in der die Geopositionen aller

relevanten BÜ sowie die gewählten Auslösepunkte gespeichert sind. Durch Abgleich mit der aktuellen Geoposition des Triebfahrzeugs werden die Blinklichter automatisch aktiviert, wenn der Zug sich dem BÜ annähert, und deaktiviert, sobald der Zug den BÜ erreicht hat.

Expertenbewertung verschiedener Lichtkonfigurationen

Neben der Demonstration der technischen Umsetzung war ein weiteres Ziel des Pilottests, verschiedene Gestaltungsvarianten des Blinklichts zu bewerten. Drei verschiedene Konfigurationen wurden jeweils unter Tag- und Nachtbedingungen getestet (Abb. 3):

- einfaches Blinken,
 - doppeltes Blinken und
 - dreifaches Blinken, jeweils alle 3 Sekunden.
- Als Referenz (0) diente ein Standard-Spitzenlicht, das auch in allen Testbedingungen als stetige Grundbeleuchtung vorhanden war.

Mithilfe des Prototyps wurden in einer realen Verkehrsumgebung Videoaufnahmen aller getesteten Lichtkonfigurationen hergestellt, die in einer späteren Expertenbefragung als Bewertungsgrundlage dienten. Alle Videos wurden aus der Perspektive eines Straßenverkehrsteilnehmers aufgenommen, der sich vor einem BÜ befindet und entlang der Schienen nach einem Zug Ausschau hält.

Zur Bewertung wurden die Videos in einen Online-Fragebogen eingebunden. Die Beurteiler bewerteten jedes präsentierte Szenario auf mehreren Dimensionen, u.a. bezüglich der erwarteten Wirkung auf die Sicherheit am BÜ, der wahrgenommenen Sichtbarkeit des Zuges und möglicher Blendung sowie der Eignung der Maßnahme unter Tages- bzw. Nachtbedingungen. Wahrgenommene Vor- und Nachteile wurden in einem offenen Antwortformat erfragt. Alle Bewertungen erfolgten im Vergleich zu dem Referenzsystem des Standard-Spitzenlichts. Abschließend gaben die Befragten an, welche Lichtkonfiguration sie jeweils für den Einsatz tags und nachts für die am besten geeignete hielten. Die Befragung wurde von 18 Experten aus dem Straßen- und Schienenverkehrssektor bearbeitet.

Insgesamt wurden alle Blinklichtkonfigurationen besser bewertet als das Standard-Spitzenlicht. Besonders deutlich waren die Unterschiede unter Tageslichtbedingungen auf den Skalen Sicherheit, Eignung und Sichtbarkeit. Bei Nacht folgten die Ergebnisse demselben Muster, wobei die Unterschiede geringer ausfielen. In der offenen Abfrage wurden als Vorteile mehrheitlich eine verbesserte Sichtbarkeit und Erkennbarkeit des Zuges genannt. Einige Experten gaben zusätzlich an, das Blinken erleichtere es, die Annäherungsgeschwindigkeit des Zuges einschätzen, oder die Geschwindigkeit erscheine mit dem Blinken höher. Als Nachteile nannten einige Befragte die Möglichkeit, dass das Blinken blenden oder als störend empfunden werden könnte (z.B. durch Anrainer in der Nähe des BÜ) sowie die Möglichkeit einer missverständlichen Interpretation des Blinkens auf Seiten der Straßennutzer.

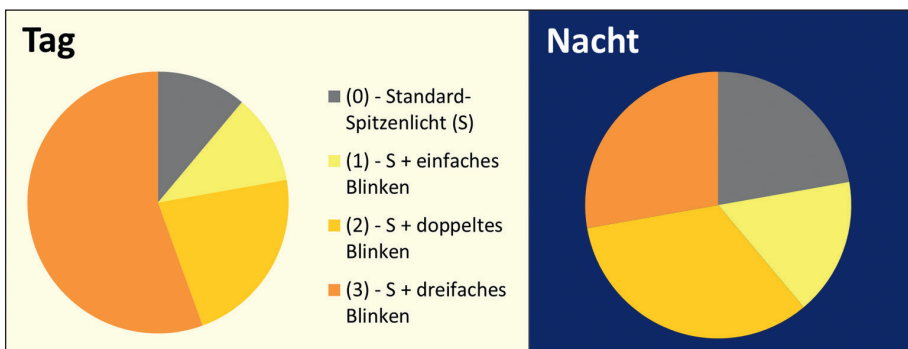


Abb. 4: Bevorzugte Lichtkonfigurationen bei Tag und Nacht (Anteil der Befragten, die die jeweilige Konfiguration als die beste bewerteten)

Quelle: DLR, nach VTT-Daten

Als am besten geeignete Lichtkonfiguration wählten unter Tageslichtbedingungen 89 % der Befragten und unter Nachtbedingungen 78 % der Befragten eine der drei Blinklichtvarianten (Abb. 4). Bei Tageslicht wurde hierbei die „blinkstärkste“ Variante (dreifaches Blinken alle 3 Sekunden) von den meisten Beurteilern bevorzugt. Bei Nacht verteilten sich die Präferenzen stärker zwischen Variante 2 und 3. Insgesamt wählten 61 % der Beurteiler eine dieser beiden Varianten. Ein Video zum gesamten Test ist im Internet verfügbar (Abb. 5).

Test der Wirkung auf das Nutzerverhalten im Fahrsimulator

Welche Effekte Blinklichter am Schienenfahrzeug auf das Fahrverhalten und die Aufmerksamkeitsausrichtung von Autofahrenden an BÜ haben, wurde in einem Experiment am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) getestet [16]. Die Teilnehmenden waren informiert, dass es in der Studie um die Bewältigung verschiedener Verkehrs- und Beanspruchungssituationen beim Autofahren ging. Der spezifische Fokus „Bahnübergang“ wurde erst nach dem Fahren offenbart, um möglichst natürliches Verhalten zu begünsti-

gen. Die Route führte über eine Landstraße. Ab und zu wurden Ortschaften durchfahren, in denen die Fahrenden jeweils eine kleine Zusatzaufgabe zu bearbeiten hatten. Die eigentlich interessierenden BÜ befanden sich in offenem Gelände zwischen den Ortschaften. Während der Fahrt wurden die gefahrene Geschwindigkeit sowie die Blickbewegungen der Teilnehmer innerhalb der 140° Sehwinkel spannenden Simulation erfasst. Zunächst passierte jeder Teilnehmende nach einer gewissen Zeit einen nicht technisch gesicherten BÜ, ohne dass dort ein Zug erschien (Referenzbedingung). Bei einer späteren Anfahrt an einen baugleichen BÜ näherte sich gleichzeitig von der Seite ein Zug. Der Auslösepunkt und die Geschwindigkeit des Zuges waren so gewählt, dass die Teilnehmer dem Zug Vorfahrt gewähren mussten, wenn sie mit der erlaubten Geschwindigkeit fuhren. Beim ersten Auftauchen des Zugs in der Peripherie befanden sich die Teilnehmenden im Mittel etwa 250 m vor dem BÜ. Der Zug war in der Hälfte der durchgeführten Versuche mit zusätzlichen Blinklichtern ausgestattet („Blinken“, Abb. 1b und Abb. 6), in der anderen Hälfte nicht („Standard“). Um zu testen, ob die Blinklichter die Entdeckung des Zuges erleichtern, verglichen wir, wie lange

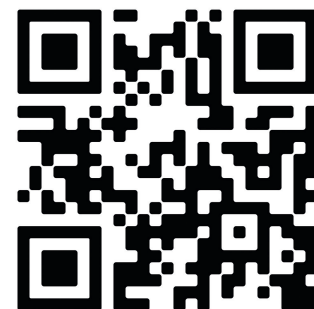


Abb. 5: Durch Scannen des QR-Codes gelangen Sie zum Video über die Erprobung der verschiedenen Blinklicht-Konfigurationen: <https://youtu.be/Y7yHEd9XHP4>

es nach dem Erscheinen des Zuges dauerte, bis die Fahrer zum ersten Mal einen Blick darauf richteten [12].

Insgesamt fixierten 45 von den 46 Teilnehmern den Zug mindestens einmal und gewährten



Automatische Inspektion von Gleis und Oberleitung

Präzise Fehlererkennung kombiniert mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit

Die automatischen Inspektionssysteme von bvSys ermöglichen eine regelkonforme und wirtschaftliche Streckenkontrolle. Schäden werden frühzeitig erkannt, um dadurch Instandhaltungsprozesse zu optimieren und die Standzeit der Anlagen zu verlängern.

Die weltweit im Einsatz befindlichen Systeme können einzeln oder in Kombination auf beliebigen Fahrzeugen montiert werden.

Unser kompetentes Team berät Sie gerne bei Ihren spezifischen Anforderungen.

Alle Systeme bieten:

- ➔ hohe Inspektionsgeschwindigkeit
- ➔ präzise Erkennung feinsten Fehlerstrukturen
- ➔ metergenaue Zuordnung der Einzelbilder zu den Streckendaten
- ➔ einfache und intuitive Bedienung

Besuchen Sie uns auf der InnoTrans 2021!



bvSys Bildverarbeitungssysteme GmbH
Buschhöhe 2
28357 Bremen, Deutschland

Tel. +49 (0)421-46 04 61-0
Fax +49 (0)421-46 04 61-20
www.bvsys.de | info@bvsys.de



Abb. 6: Die Testumgebung mit dem Zugmodell mit Blinklichtern (linke Seite)

Quelle: DLR

diesem die Vorfahrt, bevor sie selbst den BÜ überquerten. Der eine Teilnehmer, der den Zug nicht anschaute und die Schienen vor diesem überquerte, war in der Bedingung „Standard“. Die anderen Teilnehmer in dieser Bedingung fuhren nach dem Erscheinen des Zuges bis zur ersten Blickzuwendung im Mittel 30,5 m weiter (Standardabweichung $SD = 27,6$ m). In der Bedingung „Blinken“ erfolgte die erste Fixation sehr viel schneller (Mittelwert $M = 8,2$ m; $SD = 9,3$ m). Zudem war beim Standard-Zug die Verteilung der Vergleichswerte insgesamt breiter. Während der Teilnehmer mit der längsten Reaktionszeit hier noch 110 m weiter fuhr, bevor er den Zug zur Kenntnis nahm, betrug die längste beobachtete Reaktionsdistanz in der Bedingung Blinken nur 37 m.

In Ergänzung zu den Blickdaten wurden die Geschwindigkeitsprofile vor dem BÜ analysiert. Betrachtet wurde die jeweilige Differenzgeschwindigkeit zur Referenzbedingung ohne Zug – also wieviel langsamer die Teilnehmer im Vergleich zu einer Situation ohne Zug an einem bestimmten Punkt fuhren, wenn ein

Zug kam. Abb. 7 zeigt die Mittelwerte getrennt nach Signallichtvariante.

In beiden Profilen ist ein Punkt zu sehen, an dem die Geschwindigkeit sich von der in der Bedingung ohne Zug zu unterscheiden beginnt (Markierungen in Abb. 7). Dies ist der Moment, in dem die Teilnehmer im Mittel erkannt hatten, dass ein Zug kam und sie ihr Fahrzeug verlangsamen mussten. In der Bedingung Blinken entdeckten die Autofahrenden den Zug nicht nur früher, sondern passten auch früher vorausschauend ihre Geschwindigkeit an. Nach der Fahrt wurden zusätzlich die Wahrnehmungen und Bewertungen der Teilnehmer erfragt. Die Blinklichter am Schienenfahrzeug wurden als sehr nützlich zur Erhöhung der Erkennbarkeit des Zuges sowie zur Vermeidung von BÜ-Unfällen beurteilt.

Diskussion und Ausblick

Wie anhand der insgesamt relativ frühen Reaktionen zu sehen ist, hatten die Teilnehmer im Fahrsimulator außergewöhnlich gute Sicht-

bedingungen für die Entdeckung des Zuges. Bereits unter diesen Voraussetzungen brachten die Blinklichter einen deutlichen Vorteil. Unter realen, weniger idealen Umweltbedingungen (z.B. hinsichtlich Kreuzungswinkel, Wetter, Vegetation) ist der Effekt voraussichtlich noch größer, da herkömmlich gestaltete Schienenfahrzeuge hier noch schwerer zu entdecken sind. Die durch ein Blinken in der Peripherie des visuellen Feldes ausgelöste Aufmerksamkeitszuwendung ist ein automatischer physiologischer Mechanismus, der sich in der Evolution entwickelt hat [17]. Seine Wirksamkeit erfordert weder Kenntnisse noch willentlichen Aufwand von den BÜ-Nutzern und unterliegt keiner Gewöhnung.

Die Erprobung zeigt das hohe Potenzial von Blinklichtern an Triebfahrzeugen zur Erhöhung der Sicherheit an BÜ, insbesondere bei Tag, wenn die meisten BÜ-Unfälle geschehen [18]. Die Entwicklung zielt primär auf nicht technisch gesicherte BÜ ab, jedoch ist leicht vorstellbar, dass damit auch an BÜ mit technischer Sicherung ein Teil der Unfälle, die auf willentlichen Übertretungen beruhen, verhindert werden könnte. Die technische Machbarkeit wurde demonstriert. Die Kosten für eine Nachrüstung oder serienmäßige Ausstattung von Zügen sind im Verhältnis zum Sicherheits-effekt gering [19]. Für die Auslösung des Blinkens in der Nähe des BÜ kommen neben der vorgestellten GPS-Variante auch alternative technische Lösungen in Frage.

In einem nächsten Schritt sollte die Anwendung im Realverkehr erprobt werden. Dazu könnte ein Blinklichtsystem für den Einsatz in einem begrenzten Gebiet auf einer Lokomotive installiert werden – etwa auf einem Güterzug einer Industriebahn –, um die Wirkung wissenschaftlich begleitet zu testen. In diesem Kontext ist auch die technische Weiterentwicklung möglich, z.B. für blendungs- und störungsfreien Betrieb durch adaptive Lichtgestaltung abhängig von den lokalen Gegebenheiten des jeweiligen BÜ und der Umgebungsbeleuchtung. Mit der Validierung eines Blinklichtsystems nach den geltenden Eisenbahnstandards könnte schließlich ein weiterer Schritt zu mehr Sicherheit am BÜ getan werden. ■

Dieses Projekt wird finanziert durch Fördergelder aus dem wissenschaftlichen Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union.

QUELLEN

- [1] Eisenbahnagentur der Europäischen Union (2017): Railway safety in the European Union: Safety overview 2017. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- [2] DB Netze (2019): Bahnübergänge im Spiegel der Statistik – Bahnübergangsstatistik 2018. Berlin, München: DB Netz AG / TÜV SÜD Industrie Service GmbH
- [3] Dreßler, A.; Silla, A.; Kortsari, A.; Havárneau, G.; Whalley, S.; Gripenkoven, J. (2020): Human-centered measures to enhance safety at level crossings. Transport Research Arena TRA 2020, April 27-30, 2020, Helsinki, Finland (Konferenz abgesagt, Beiträge verfügbar)
- [4] Gripenkoven, J. (2017): Wahrnehmung und Verhalten am Bahnübergang. Deine Bahn, 02/2017, S. 10-15
- [5] Gripenkoven, J.; Dietsch, S. (2015): Gaze direction and driving behavior of drivers at level crossings. Journal of Transportation Safety & Security, 8(sup1), pp. 4-18

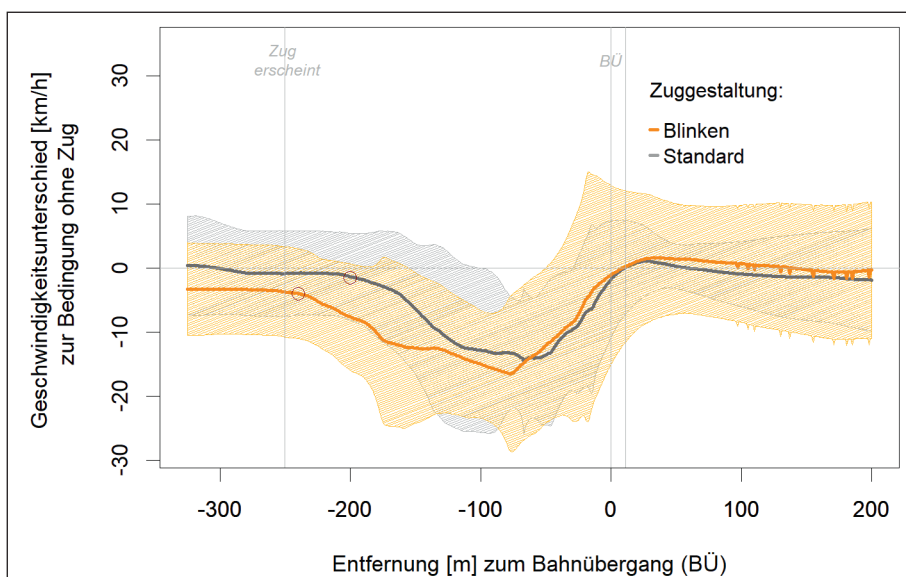


Abb. 7: Mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zur Referenzbedingung ohne Zug für die beiden Bedingungen Blinken vs. Standard (Daten der 45 Teilnehmer, die dem Zug die Vorfahrt gewährten)

Quelle: DLR

[6] Grippenkoven, J.; Thomas, B.; Lemmer, K. (2016): PerLight – effektive Blicklenkung am Bahnübergang. EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 01/2016, S. 48–51

[7] Heilmann, W. (1984): Grundlagen und Verfahren zur Abschätzung der Sicherheit an Bahnübergängen. Darmstadt: Dissertationsschrift, Technische Hochschule Darmstadt

[8] Ngamdung, T.; da Silva, M. (2013): Driver Behavior Analysis at Highway-Rail Grade Crossings using Field Operational Test Data – Light Vehicles. U.S. Department of Transportation. Washington, D. C: Federal Railroad Administration

[9] Wigglesworth, E.C. (1979): Human factors in level crossing accidents. Accident Analysis & Prevention, 10 (3), pp. 229–240. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(78\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0001-4575(78)90014-3)

[10] Wallis, G.; Bühlhoff, H. (2000): What's Scene and Not Seen: Influences of Movement and Task Upon What We See. Visual Cognition, 7/2000, vol. 1–3. <https://doi.org/10.1080/135062800394757>

[11] Laapotti, S. (2016): Comparison of fatal motor vehicle accidents at passive and active railway level crossings in Finland. IATSS Research 40(1), 1–6 [doi:10.1016/j.iatssr.2015.12.003](https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2015.12.003)

[12] Wickens, C.; Hollands, J.; Banbury, S.; Parasuraman, R. (2013): Engineering Psychology and Human Performance. New York: Psychology Press

[13] Carroll, A. A.; Multer, J.; Markos, S. H. (1995): Safety of Highway-Railroad Grade Crossings: Use of Auxiliary External Alerting Devices to Improve Locomotive Conspicuity. Report DOT-VNTSC-FRA-95-10. Washington, D. C: U.S. Department of Transportation Research and Special Programs Administration

[14] Cairney, P. (2003): Prospects for improving the conspicuity of trains at passive railway crossings. Road Safety Research Report CR 217 December 2003. Australian Transport Safety Bureau. ISBN: 0642 25505 9. ISSN: 1445-4467

[15] Malzacher, G.; Krüger, D.; Winter, J. & Wojtaszek, M. (2017): Design als Bestandteil der Fahrzeugentwicklung beim NGT CARGO. EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 09/2017, S. 6–11

[16] Silla, A.; Virtanen, A.; Lehtonen, E.; Boufidis, N.; Salanova Grau, J. M.; Dressler, A.; Grippenkoven, J.; Taillandier, V.; Khoudour, L.; Bakay, C.; Garrigos, J.-P.; Françoise, C.; Jacqueline, D.; Antoine, R.; Boukour, F.; Edelmayer, A.; Ruffin, C.; Zotos, T. (2019): Results of the evaluation of the pilot tests. Deliverable D4.4 of the SAFER-LC project. https://safer-lc.eu/IMG/pdf/saferlc_20191231_d44_v07_vtt_results_of_the_evaluation_of_the_pilot_tests.pdf

[17] Yantis, S. (2000): Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In S. Monsell; J. Driver (Hrsg.): Control of cognitive processes. Attention and performance. 18. Cambridge, MA: MIT Press. S. 73–103

[18] Silla, A.; Peltola, H.; Aittoniemi, E.; Sintonen, H.; Kortsari, A.; Taillandier, V.; Khoudour, L.; Françoise, C.; Petrelli, M.; Renna, A.; Kassa, E.; Whalley, S.; Lorenzo, L.; Öztürk H.E.; Karahan, G. (2017): Level crossing accidents and

factors behind them. Deliverable D1.2 of the SAFER-LC project. https://safer-lc.eu/IMG/pdf/saferlc_20171003_d12_v04_vtt_lc_accidents_and_factors_behind_them.pdf

[19] Zotos, T.; Dalkalitsis, A.; Boufidis, N.; Salanova Grau, J. M.; Ghazel, M. (2020): Business Models for safer LC innovative solutions. Deliverable D5.3 of the SAFER-LC project. https://safer-lc.eu/IMG/pdf/saferlc_20200424_d53_v07_iru_business_models_for_safer_lc_innovative_solutions.pdf



Dr. Annika Dreßler

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Tätigkeitsanalyse und Bewertung
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt (DLR), Institut für
Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
annika.dressler@dlr.de



Dr. Jan Grippenkoven

Gruppenleiter Tätigkeitsanalyse
und Bewertung
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt (DLR), Institut für
Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
jan.grippenkoven@dlr.de



Dr. Sc. Anne Silla

Research Team Leader
Transport Systems
VTT Technical Research Centre
of Finland, FI-Espoo
anne.silla@vtt.fi



Lic. Sc. Ari Virtanen

Senior Scientist Automated Vehicles
VTT Technical Research Centre
of Finland, FI-Espoo
ari.virtanen@vtt.fi






Zertifiziert nach
DIN ISO 9001
und IRIS ISO/TS



Besuchen Sie uns auf der InnoTrans
27.-30.04.2021 | Halle 9, Stand 670



Schwingungstechnik – Eine gute Verbindung

Primär- & Sekundärfedersysteme und Gummi-Metall-Elemente
zur Schwingungs- und Schallreduzierung

GMT Gummi-Metall-Technik GmbH · Liechtersmatten 5 · 77815 Bühl · Deutschland · Tel. +49 72 23 804-0 · www.gmt-gmbh.de
ENGLAND · FRANKREICH · INDIEN · IRLAND · MALAYSIA · ÖSTERREICH · SCHWEIZ · USA